



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-340566

(43)Date of publication of application : 10.12.1999

51)Int.Cl.

H01S 3/18

21)Application number : 10-159949

(71)Applicant : CANON INC

22)Date of filing : 25.05.1998

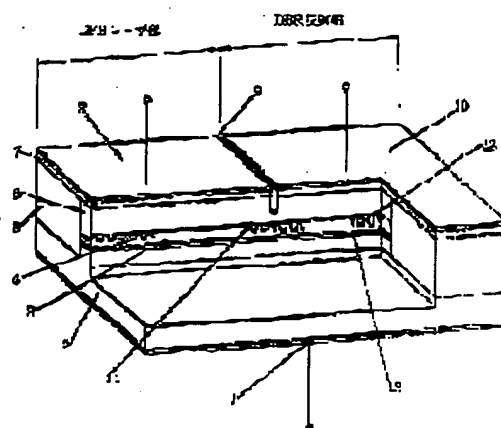
(72)Inventor : SEKIGUCHI YOSHINOBU

54) DISTRIBUTION REFLECTION TYPE POLARIZATION-MODULATION SEMICONDUCTOR LASER

57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a polarization-modulating semiconductor laser which has the large degrees of allowance to structure or manufacturing process.

SOLUTION: This polarization-modulation semiconductor laser is a distribution reflection type one, in which a DFB laser part and a DBR reflection part having an active layer 3 where a difference of gain between TE polarization mode and TM polarization mode is small, are arranged in the direction of an optical resonator. The laser has such a structure that can control the reflected light from the DBR reflection part to the DFB laser part, thereby switching laser oscillation between TE and TM polarization modes.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

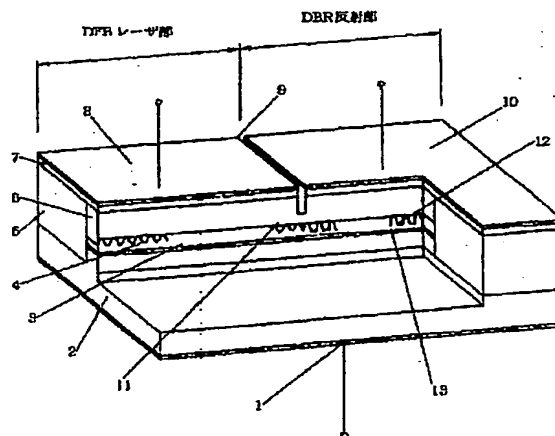
Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

BEST AVAILABLE COPY

(11)特許出願公開番号

(43)公開日 平成11年(1999)12月10日

H01S 3/18



【特許請求の範囲】

【請求項1】TE偏波モードとTM偏波モードの利得差が小さい活性層を有するDFBレーザ部とDBR反射部が光の共振器方向に配置された分布反射型半導体レーザにおいて、DBR反射部からDFBレーザ部への反射光を制御できる様に構成され、それによりレーザ発振をTE偏波モードとTM偏波モード間でスイッチングさせることを特徴とする偏波変調半導体レーザ。

【請求項2】DBR反射部が、注入電流または印加電界の制御によって、一方の偏波モード光を反射する状態と他方の偏波モード光を反射する状態の間で変化できる様に構成され、それによりレーザ発振をTE偏波モードとTM偏波モード間でスイッチングさせることを特徴とする請求項1記載の偏波変調半導体レーザ。

【請求項3】DBR反射部を、反射波長がDFBモードの一方の偏波モードに一致している様に制御できる第1DBR領域と、反射波長がDFBモードの他方の偏波モードに一致している様に制御できる第2DBR領域で構成し、DFBレーザ部への反射光を、第1DBR領域の一方の偏波モードと第2DBR領域の他方の偏波モードの間で切り替えることにより、レーザ発振をTE偏波モードとTM偏波モード間でスイッチングさせることを特徴とする請求項1記載の偏波変調半導体レーザ。

【請求項4】DFBレーザ部の活性層のTE偏波モードとTM偏波モードの利得差が小さくなる様に構成されていることを特徴とする請求項2または3記載の偏波変調半導体レーザ。

【請求項5】DBR反射部が、注入電流または印加電界の制御によって、一方の偏波モード光を反射する状態と該偏波モード光を吸収する状態または透過する状態の間で変化できる様に構成され、それによりレーザ発振をTE偏波モードとTM偏波モード間でスイッチングさせることを特徴とする請求項1記載の偏波変調半導体レーザ。

【請求項6】DFBレーザ部とDBR反射部の間に、電流注入または電界印加の制御によって屈折率を変化できる様に構成された位相調整領域が設けられ、該屈折率変化により位相整合波長をDBR反射部の一方の偏波モード光の反射波長に一致させることでレーザ発振を他の偏波モードから該一方の偏波モードにスイッチングさせることを特徴とする請求項1記載の偏波変調半導体レーザ。

【請求項7】前記位相調整領域が位相シフト構成を有することを特徴とする請求項6記載の偏波変調半導体レーザ。

【請求項8】DBR反射部の回折格子の結合係数は、DFBレーザ部の回折格子の結合係数より大きく設定されていることを特徴とする請求項1乃至7の何れかに記載の偏波変調半導体レーザ。

【請求項9】請求項1乃至8の何れかに記載の偏波変調

半導体レーザの駆動方法において、DBR反射部または位相調整領域に印加する電流または電圧を制御することによって、レーザ発振をTE偏波モードとTM偏波モード間でスイッチングさせることを特徴とする偏波変調半導体レーザの駆動方法。

【請求項10】光を使って通信を行なう光通信ネットワークにおいて、前記ネットワークに接続された少なくとも一台の端末が、光信号発生的手段として請求項1乃至8の何れかに記載の偏波変調半導体レーザを備えていることを特徴とする光通信ネットワーク。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光通信等に使用される半導体レーザに関し、特に、レーザ発振の偏波がTEモードとTMモード間でスイッチングできる構造を持つ半導体レーザ、それを用いた装置等に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、発振モードがTE偏波とTM偏波の間でスイッチングする偏波スイッチング半導体レーザについて、特開平2-159781に記載された様な構成がある（図6）。同図の半導体レーザは、 $\lambda/4$ シフトを有する分布帰還型半導体レーザであり、 $\lambda/4$ シフトがある部分とそれ以外の部分とに別々に電流注入を行える電極構造となっている。

【0003】同図において、10はn-InP基板、12は中央に $\lambda/4$ 位相シフト部を有する1次の回折格子、14は厚さ0.1 μm のn-InGaAsP光導波層（バンドギャップ波長 $\lambda_g \approx 1.27\mu\text{m}$ ）、16はアンドープInGaAsP活性層（バンドギャップ波長 $\lambda_g \approx 1.55\mu\text{m}$ 、厚さ0.1 μm ）、18はp-GaInAsPアンチメルトバック層、19はp-InPクラッド層、20はp-InGaAsPオーミックコンタクト層、22はp-InP層、23はn-InP層、24はアンドープInGaAsPキャップ層、26、28は電極、27は $\lambda/4$ シフト部分を含む領域へ電流を注入するための電極、29は反射防止膜、30は分布帰還型半導体レーザからの光の一方の偏波成分のみを通す偏光子である。

【0004】更に、図示する様に、横方向の光と電流の閉じ込めは、メサストライプ構造で行なっている。また、中央の位相シフトを設けた部分には、上記の様に、他の部分と独立に電流注入可能とするための電極27が設けられている。本従来例では、活性層16がInGaAsPのバルクであるため、TE偏波とTM偏波に対する利得がほぼ同じである。そのため、しきい値以上の電流を電極26（中央の位相シフト部以外の部分）に流すことにより、TE偏波とTM偏波間の利得のわずかな差、導波路や回折格子の偏波依存性によってDFBレーザは何れか一方の偏波モードで発振する。この状態において、位相シフト部に電流を注入すると、位相が、レー

ザ発振している一方の偏波モードに対する整合条件を満たす状態から他方の偏波モードに対する整合条件を満たす状態にスイッチングし、DFBレーザの発振モードが一方の偏波から他方の偏波にスイッチングするものである。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記従来例では、共振方向に均一な構成（均一な活性層、均一な回折格子）であり、位相シフト部への注入電流で位相整合条件のみを制御して、偏波スイッチングを実現していた。このため、半導体レーザのTE利得とTM利得は、非常に接近していることが重要な要件となるが、レーザの総合的な利得は活性層のTE/TM利得だけでなく、導波路の断面形状、無反射コーティング端面の残留反射率、回折格子の形状、素子温度、注入電流等によっても変化するため、特性の揃った偏波変調レーザを製作することは容易ではなかった。

【0006】本発明の目的は、上記従来例の課題を解決するためになされたもので、半導体レーザの構成や製作プロセスに対して許容度が大きい偏波変調ないし偏波スイッチング可能な構成の半導体レーザ及びそれを用いた装置等を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段及び作用】上記目的を実現する為に、本発明の偏波変調半導体レーザは、TE偏波モードとTM偏波モードの利得差が小さい活性層を有するDFBレーザ部とDBR反射部が光の共振器方向に配置された分布反射型半導体レーザにおいて、DBR反射部からDFBレーザ部への反射光を制御できる様に構成され、それによりレーザ発振をTE偏波モードとTM偏波モード間でスイッチングさせることを特徴とする。即ち、DFBレーザ部とDBR反射部（回折格子と導波光の結合係数がDFBレーザ部より大きい）が共振器方向に配置されており、それぞれに独立に電流注入又は電圧印加が可能な構成となっている。更に、DFBレーザ部の活性層は、TE偏波モードとTM偏波モードの利得差が小さいので、DFBレーザ部にしきい電流値以上の電流を注入すると、両方の偏波モードで発振可能となるが、それぞれの偏波モードの波長とDBR反射部からの反射波長（言い換えれば、反射偏波モード或はブラッグ波長）との差異、両方の偏波モード間の活性層の利得差、両方の偏波モード間の端面反射の差、両方の偏波モードの端面位相の差により一方の偏波モードでレーザ発振が生じる。

【0008】上記状態において、DBR反射部への電流注入又は電圧印加の制御を行なうことで、DBR反射部からDFBレーザ部への反射光の波長をDFBレーザ部のTE偏波モードの波長又はTM偏波モードの波長に近付けることで、レーザ発振の偏波をTE/TM間でスイッチングさせるものである。

【0009】より具体的には、以下の如き態様が可能である。第1には、DBR反射部が、注入電流または印加電界の制御によって、一方の偏波モード光を反射する状態と他方の偏波モード光を反射する状態の間で変化する様に構成され、それによりレーザ発振をTE偏波モードとTM偏波モード間でスイッチングさせる。即ち、DBR反射部への電流注入又は電界印加の制御によって、DBR反射部の導波路の実効屈折率を変化させることにより、DBR反射部のブラッグ波長（反射波長、反射偏波モード）をDFBレーザ部の一方の偏波モードの波長から他方の偏波モードの波長へ変化させ、レーザ発振の偏波をTE/TM間でスイッチングさせるものである。

【0010】第2には、DBR反射部を、反射波長がDFBモードの一方の偏波モードに一致している様に制御できる第1DBR領域と、反射波長がDFBモードの他方の偏波モードに一致している様に制御できる第2DBR領域で構成し、DFBレーザ部への反射光を、第1DBR領域の一方の偏波モードと第2DBR領域の他方の偏波モードの間で切り替えることにより、レーザ発振をTE偏波モードとTM偏波モード間でスイッチングさせる。即ち、DBR反射部が一方の偏波モードを反射する為の第1反射部と他方の偏波モードを反射する為の第2反射部から構成されている。DFBレーザ部の活性層は、TE偏波モードとTM偏波モードの利得差が小さく、しきい電流値以上の電流を注入するとDFBレーザ部に近い側の第1反射部のブラッグ反射波長の偏波モードで発振する。更に、この第1反射部への電流注入又は電界印加の制御により実効屈折率を変化させ第1反射部のブラッグ反射波長を一方の偏波モードからシフトさせることで、発振波長（両偏波モードの）に対してこの領域を透明にし、DFBレーザ部から遠い側の第2反射部を機能させ、レーザ発振の偏波モードをDFBレーザ部から遠い側の第2反射部の偏波モードにスイッチングさせるものである。

【0011】第1及び第2の態様では、DFBレーザ部の活性層においてTE偏波モードとTM偏波モードの利得差が小さくなる様に設定されている。

【0012】第3には、DBR反射部が、注入電流または印加電界の制御によって、一方の偏波モード光を反射する状態と該偏波モード光を吸収する状態または透過する状態の間で変化する様に構成され、それによりレーザ発振をTE偏波モードとTM偏波モード間でスイッチングさせる。即ち、DFBレーザ部の活性層の利得を一方の偏波モードに対して僅かに優位にし、DBR反射部のブラッグ波長は両方の偏波モードを反射しない状態

（該偏波モードを吸収する状態または透過する状態）に設定する。DFBレーザ部への電流注入により、活性層利得が僅かに優位な一方の偏波モードでレーザ発振が生じる。この状態から、DBR反射部への電流注入又は電界印加の制御によって、DBR反射部のブラッグ波長を

他方の偏波モードを反射する状態とすることにより、レーザ発振の偏波モードをスイッチングさせるものである。

【0013】第4には、DFBレーザ部とDBR反射部の間に、電流注入または電界印加の制御によって屈折率を変化できる様に構成された位相調整領域が設けられ、該屈折率変化により位相整合波長をDBR反射部の一方の偏波モード光の反射波長に一致させることでレーザ発振を他の偏波モードから該一方の偏波モードにスイッチングさせる。DFBレーザ部の活性層の利得を一方の偏波モードに対して僅かに優位にし、DBR反射部のブラッグ波長は他方の偏波モードを反射する状態に設定する。DFBレーザ部への電流注入により、活性層利得が僅かに優位な一方の偏波モードでレーザ発振を生じる。この状態から、位相調整領域への電流注入又は電界印加の制御による屈折率変化により、位相整合波長をDBR反射部のブラッグ反射波長に一致させることにより、レーザ発振をDBR反射部の反射偏波モードへスイッチングさせるものである。

【0014】第3及び第4の態様では、DFBレーザ部の活性層において一方の偏波モードの利得が前記他方の偏波モードの利得より大きくなる様に設定されている。

【0015】以上の構成において、DBR反射部の回折格子の結合係数を比較的大きく設定することで、DBR反射部の長さを小さくできて光損失を少なくでき、効率的なレーザ発振が可能になる。この際、DBR反射部の反射波長の線幅は比較的大くなり、DFBレーザ部の線幅の狭いDFBモードとの重なり具合の制御が容易になり、偏波スイッチングがより確実且つ安定的にできる様になる。DBR反射部の反射波長の線幅は比較的大くなるが、発振の線幅はDFBモードで規定されるので問題はない。

【0016】本発明の偏波変調半導体レーザの駆動方法は、上記の偏波変調半導体レーザのDBR反射部または位相調整領域に印加する電流或は電圧を制御することにより、レーザ発振をTE偏波モードとTM偏波モード間でスイッチングさせることを特徴とする。

【0017】本発明の光通信ネットワークでは、光通信ネットワークに接続された少なくとも一台の端末が、送信信号を光信号に変換する為に本発明の偏波変調半導体レーザを使うものである。

【0018】

【発明の実施の形態】以下、本発明の半導体レーザを偏波変調レーザに適用した実施の形態、その駆動方法及びそれを光通信システムに用いた具体例を説明する。

【0019】第1実施例

図1は、本実施例の特徴を最も良く表わす偏波変調レーザの一部破断した概略構成斜視図である。本偏波変調レーザは、導波光と回折格子の結合係数が比較的小さい 30 cm^{-1} 程度の分布帰還(DFB)領域(通常のDFB

レーザにおける結合係数の大きさと同程度である)と、結合係数が比較的大きい 200 cm^{-1} 程度のブラッグ反射(DBR)領域で構成されている。

【0020】同図において、1は共通電極、2はn-InP基板及び下部光閉じ込め層、3はDFBレーザ部の活性層である。活性層3は、厚さほぼ 13 nm のInGaAs(引っ張り歪み $\approx -0.6\%$)5層と厚さほぼ 10 nm でバンド端波長 $1.15\text{ }\mu\text{m}$ のInGaAsP4層で構成されており、TE偏波モードとTM偏波モードの利得差が小さくなっている(TE偏波モードの利得がTM偏波モードの利得より若干大きい)。また、4は厚さ 200 nm でバンド端波長 $1.15\text{ }\mu\text{m}$ のp-InGaAsPで構成される光導波層、5は導波光と注入電流をストライプ内に閉じ込める為の高抵抗InPで構成される狭窄層、6はp-InP上部光閉じ込め層、7は金属電極8、10との電気的接続の為の低抵抗p-InGaAsで構成されるコンタクト層、9はDFBレーザ部とDBR反射部を電気的に分離し、夫々に独立に電流注入を可能にする為の分離溝、11は光導波層4と上部光閉じ込め層6の界面に形成されたDFBレーザ部の回折格子(周期 $\approx 238\text{ nm}$)であり、導波光と回折格子11の結合係数は 30 cm^{-1} 程度である。

【0021】更に、12はDBR反射部の回折格子(周期 $\approx 238\text{ nm}$)であり、その結合係数は 200 cm^{-1} 程度である。13はDBR領域の導波路内にあるコアであり、本実施例ではDFB領域の活性層3と同じ構成である。DFBレーザ部、DBR反射部の共振器方向の長さは、それぞれ $300\text{ }\mu\text{m}$ であり、ストライプ導波路の幅は、およそ $2\text{ }\mu\text{m}$ である。

【0022】上記構成において、DFBレーザ部にしきい電流値以上の電流を流すと、活性層3はTE偏波とTM偏波間の利得差が小さいので、両方の偏波モードで発振可能な状態となる。TE偏波とTM偏波のDFBモード(この場合、回折格子11に位相シフト部が設けられていないので、DFBモードはそれぞれの偏波のストップバンドの長波長側或は短波長側に立つ。回折格子11に位相シフト部を設ければDFBモードはそれぞれの偏波のブラッグ波長に一致する)は、導波路の実効屈折率の偏波分散が0.01程度あるので、およそ 4 nm の波長差が生じる。ここで、DBR反射部の反射ピーク波長を長波長側の偏波波長に一致させておくことにより、この波長のDFBレーザ部への反射量が大きくなり、長波側の偏波のDFBモードでレーザ発振する。DBR反射部での光損失を少なくする為にDBR反射部の結合係数を大きくしてある。

【0023】ここでDBR反射部に電流を注入するとプラズマ効果で実効屈折率が減少し、DBR反射波長が短波長側にシフトする。電流注入により屈折率をおよそ0.01変化させると、DBR反射部のブラッグ波長が約 4 nm 短波長側にシフトするので、DBR反射部の反

射波長が短波長側のDFBモード（通常はTMモード）に一致する。このため、DFBレーザ部への反射波長は、長波長側から短波長側にスイッチし、これに伴いレーザ発振がDFBモードの長波側の偏波（通常はTEモード）から短波側の偏波（通常はTMモード）にスイッチングする。

【0024】ところで、DBR反射部での注入電流による導波光に対する実効屈折率の変化は、波長依存性があり、コア層13のバンド端波長からの離調に大きく依存するが、同一活性層（本実施例ではDBR領域のコア層13とDFB領域の活性層3と同じ構成である）のレーザ発振波長において、キャリア濃度 $1 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ の変化に対し0.02程度変化する。したがって、DBR反射部へのキャリア注入による屈折率変化は、DBR反射部の反射波長をTE偏波モードからTM偏波モードに変化させるのに充分である。

【0025】図4は、本発明の偏波変調レーザを光通信の為に送信部として使用する場合の概略構成を示すものである。駆動回路に入力された電気信号は、バイアス電流に重畳されて分布反射型半導体レーザのDBR反射部に印加され、一方、DFBレーザ部には、駆動回路からバイアス電流のみが供給される。DFBレーザ部端面から出力されるレーザ光は、駆動回路に入力された電気信号に対応して、偏波モードがTE/TM間でスイッチングしており、偏光子等の偏光選択手段により一方の偏波モードを分離することにより、他方の偏波モード光のオン/オフ信号が得られる。なお、図4には記載されていないが、必要に応じて、集光のためのレンズ光学系を偏光選択手段とレーザ素子との間に設けてもよい。

【0026】図5は、本発明の偏波変調レーザを送信部に使用した波長多重通信ネットワークの概略構成図である。送信側では、波長の異なる光信号を送出する送信器に本発明の偏波変調レーザを使用している。各送信器から出力された波長の異なる光信号（ λ_1 、 λ_2 、 \dots 、 λ_n ）は、合流器によって波長多重され、一本の光ファイバで、受信側に伝送される。受信側では、波長多重された信号を分岐器により各受信端末に分配し、各端末の受信部で波長フィルタにより特定の波長または任意の波長を分離/受信するものである。

【0027】第2実施例

第2の実施例は、DBR反射部が電流非注入状態でDFBレーザ部からの導波光を吸収し、DBR反射部への電流注入によりこの損失を低減させることにより、DBR反射部を一方の偏波モードの反射器として作用させて偏波スイッチングを実現するものである。

【0028】構成上第1実施例と異なる部分は、DFBレーザ部の活性層3およびDBR反射部の導波路のコア13である。第1実施例と同じ図1を用いて説明すると、DFBレーザ部の活性層3は、厚さほぼ11nm（第1実施例ではほぼ13nmである。従って、量子型

位間の間隔が若干大きくなっており発振波長が若干短くなる）のInGaAs（引張り歪 $\epsilon = -0.4\%$ ）5層と厚さほぼ10nmでバンド端波長1.15 μm のInGaAsP4層で構成されており、第1実施例の活性層よりTE利得がTM利得よりより大きくなるように構成されている（第1実施例より引張り歪の量が若干小さい）。したがって、DBR反射部が非注入状態で、TE偏波で発振する（DFBレーザ部が独立で動作しているような状態である）。

【0029】一方、DBR反射部の導波路のコア13は、厚さほぼ13nmのInGaAs（引張り歪 $\epsilon = -0.4\%$ ）15層と厚さほぼ10nmでバンド端波長1.15 μm のInGaAsP14層で構成されている。量子単位がDFBレーザ部の活性層3より若干小さくなっており、DFBレーザ部の発振波長を吸収する関係にある。従って、DBR反射部は、非注入状態では、DFBレーザ部からの導波光を吸収するが、電流注入により吸収損失を減少させる。DBR反射部が、非注入状態におけるTE偏波モード発振から、電流注入により、DFBレーザ部のTM偏波モード光に対するDBR反射器として作用すると（この電流注入状態でDBR反射部の反射波長がDFBレーザ部のTM偏波モードに一致する様に回折格子のピッチ等を設定しておく）、DFBレーザ部へのTM偏波モード光の反射光量が増大し、発振がTE偏波からTM偏波へスイッチングする。

【0030】DBR反射部への電圧印加で量子閉込めシユタルク効果（QCSE）により制御する場合は、電圧印加でDFBレーザ部からの導波光を吸収し、電圧非印加状態で発振がTE偏波からTM偏波へスイッチングする様に設計する。

【0031】以上の説明では、TE偏波からTM偏波へのスイッチングであるが、DFBレーザ部の活性層をTM利得がTE利得より大きくなる様に設定し、次の様にすることも可能である。即ち、DBR反射部が非注入状態で、TM偏波で発振するように構成し、DBR反射部への電流注入により、DBR反射部を吸収状態からTE偏波の反射器として作用させ、TE偏波にスイッチングさせることも可能である。

【0032】第3実施例

図2は、本発明の第3の実施例の光伝搬方向の概略構成断面図であり、端面に反射防止膜201の形成されたDFBレーザ部とDBR反射部の間に、位相調整領域を設けている。位相調整領域は、分離溝291、292により独立に電流注入可能に構成されている。DFBレーザ部の活性層3の構成は、第2実施例と同様であり、位相調整領域の導波層241とDBR反射部の導波路のコア242は、第2実施例のDBR反射部の導波路コア13と同じ構成である。図2において、図1の符号と同符号で示すものは同じ機能の部分であることを示す。

【0033】上記構成において、DFBレーザ部へしき

い電流値以上の電流を注入すると、活性層3はTE利得がTM利得よりわずかに大きいので、TE偏波モードで発振する状態になる(DFBレーザ部が単独でレーザ発振している状態である)。この状態において、DBR反射部の反射波長は、TM偏波モードに設定されているので(この様に設計しておく)、周回位相が一致しないために、DBR反射部は反射器として機能しない。

【0034】次に、電極293を介して位相調整領域へ電流注入して、この屈折率を変化させ(プラズマ効果で減少させる)、TM偏波モードであるDBR反射波長に対して合わせる。このことにより、DBR反射部をDBR反射器として機能させ、TM偏波モード光をDFBレーザ部へ反射させて、レーザ発振の偏波をTM偏波モードにスイッチングさせる。

【0035】第2実施例と同様、DFBレーザ部の活性層のTM偏波の利得をTE偏波利得より大きくし、DBR反射部の反射波長をTE偏波モードに設定することにより、TM偏波からTE偏波へのスイッチングも可能である。

【0036】第4実施例

図3は、本発明の第4の実施例の光伝搬方向の概略構成断面図であり、端面に反射防止膜201の形成されたDFBレーザ部と2つのDBR反射部で構成される。DFBレーザ部の活性層3は第1実施例と同じ構成であり、TE偏波モードとTM偏波モード間の利得差は小さい。2つのDBR反射部は、電極分離溝309で分離された電極310、311を夫々有すると共に、周期の異なる回折格子312、313を夫々有する。図3において、図1の符号と同符号で示すものは同じ機能の部分であることを示す。

【0037】DFBレーザ部にしきい値以上の電流を注入すると、活性層3の両偏波モード間の利得差は小さいので、両方の偏波モードの利得がともに増大する。一方、DFBレーザ部に近い第1DBR反射部の反射波長はDFBレーザ部のTM偏波モードに一致し、DFBレーザ部から遠い第2DBR反射部の反射波長はDFBレーザ部のTE偏波モードに一致する様に設定されている。したがって、第1DBR反射部からTM偏波モードの光波が反射される為、TM偏波でレーザ発振する。

【0038】次に、第1DBR反射部に電流を注入してこの屈折率を減少させ、ブラッグ波長をTM偏波モードから短波長側にずらすと、第1DBR反射部がTM偏波モードの波長に対して透明となるので、第2DBR反射部からTE偏波モードの光波が反射されることになる。このことにより、DFBレーザ部へのTE偏波の反射量が増大し、レーザ発振がTM偏波からTE偏波にスイッチングする。注入キャリアによる導波層の屈折率変化は、前述した様に $1 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ に対し0.02

程度変化するので、第1DBR反射部をレーザ発振波長に対して透明とするのに充分である。

【0039】

【発明の効果】以上説明した様に、TE偏波モードとTM偏波モードの利得差が小さい活性層を有するDFBレーザ部とDBR反射部が光の共振器方向に配置された分布反射型半導体レーザにおいて、DBR反射部からのブラッグ反射光のDFBレーザ部への反射量を制御して、レーザ発振をTE偏波/TM偏波モード間でスイッチングさせることが可能となった。この様に、本発明では、位相整合条件のみを制御するのではなく、DFBレーザ部の各偏波モードとDBR反射部の反射波長の重なり具合を主として制御することで、レーザ発振をTE偏波/TM偏波モード間でスイッチングする原理を用いている。これにより、偏波変調レーザを作製する上で必要であったTE利得とTM利得が殆ど一致していると言う条件が、TE利得とTM利得の差が小さいことで充分となったので、従来、偏波変調レーザを作製する上で課題であった活性層のTE利得とTM利得の一致、導波路の断面形状、無反射コーティング端面の残留反射率、回折格子の形状、素子温度、注入電流等の偏波依存性に対して許容度が大きくなり、特性の揃った偏波変調レーザを作製することが可能となった。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1は、本発明の第1実施例である偏波変調レーザの部分的に破断された概略構成斜視図である。

【図2】図2は、本発明の第3実施例である偏波変調レーザの概略構成断面図である。

【図3】図3は、本発明の第4実施例である偏波変調レーザの概略構成断面図である。

【図4】図4は、本発明の偏波変調レーザを送信部として使う場合の概略構成図である。

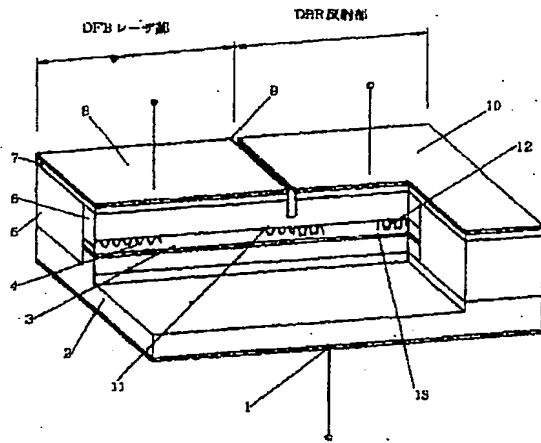
【図5】図5は、本発明の偏波変調レーザを送信部に使用した波長多重通信ネットワークの概略構成図である。

【図6】図6は、偏波変調レーザの従来例を説明する図である。

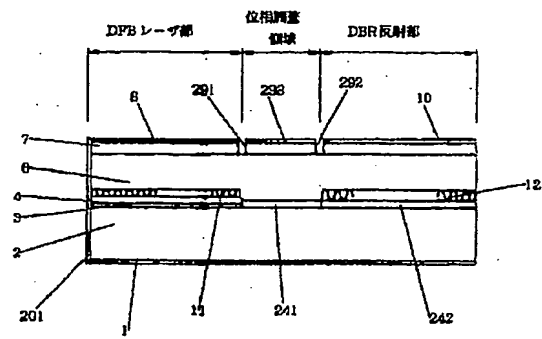
【符号の説明】

- | | |
|--------------------|-------------------|
| 1、8、10、293、310、311 | 電極 |
| 2 | InP基板及びInP下部クラッド層 |
| 3 | 活性層 |
| 4、13、241、242 | 光導波路 |
| 5 | 高抵抗InP埋込み層 |
| 6 | InP上部クラッド層 |
| 7 | InGaAsオーミックコンタクト層 |
| 9、291、292、309 | 電極分離溝 |
| 11、12、312、313 | 回折格子 |
| 201 | 反射防止膜 |

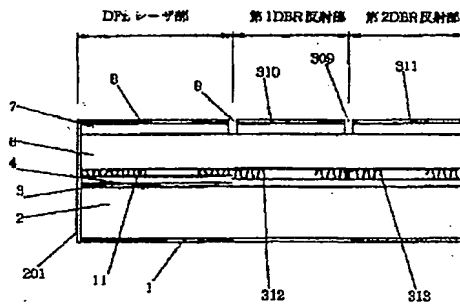
【図1】



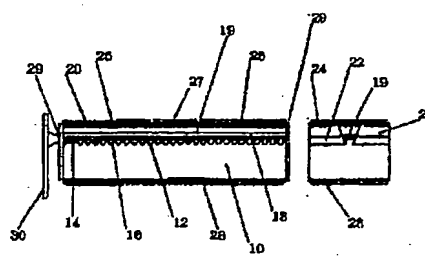
【図2】



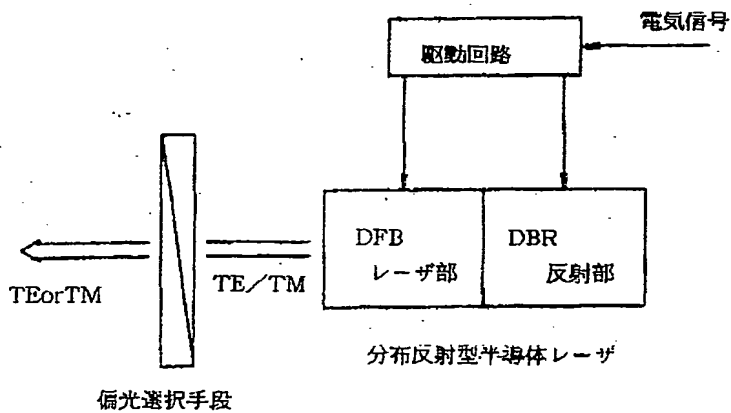
【図3】



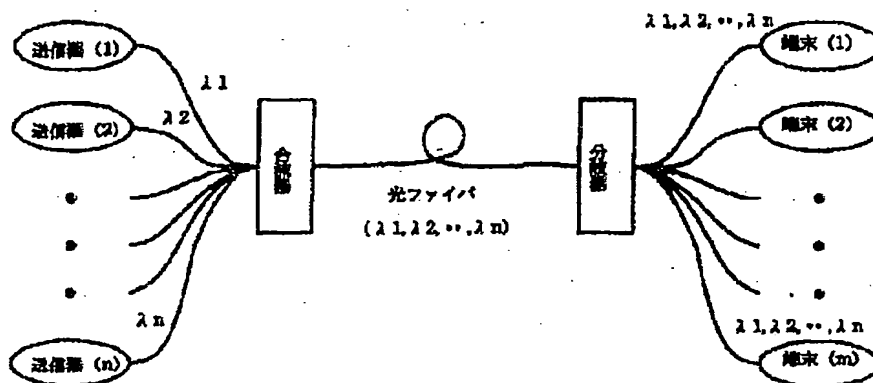
【図6】



【図4】



【図5】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.